

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-136906

(43)Date of publication of application : 16.05.2000

(51)Int.Cl.

G01B 11/00

G06T 15/00

(21)Application number : 11-179543

(71)Applicant : **GENERAL ELECTRIC CO
<GE>**

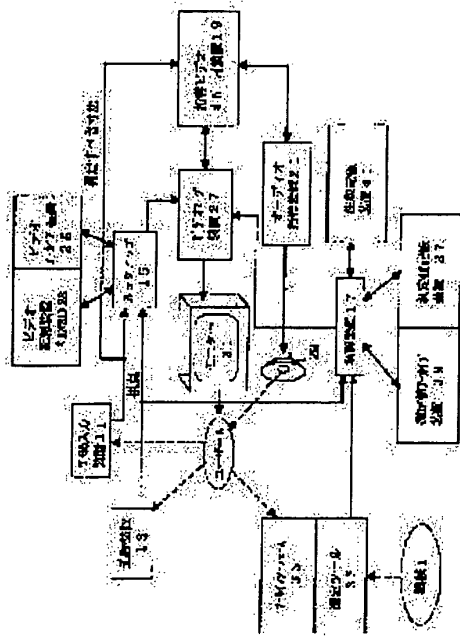
(22)Date of filing : 25.06.1999

(72)Inventor : **CORBY JR NELSON
RAYMOND**

(30)Priority

Priority number : 98 105947 Priority date : 26.06.1998 Priority country : US

(54) AUTOMATIC MEASURING AND VISUALIZING SYSTEM



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a system which instructs a user about which dimension is to be measured through a graphic interface so as to automate the maintenance process, which automates the acquisition and the storage of its measured value, and by which the measured value is compared with corresponding engineering specifications and history data.

SOLUTION: The graphic display of a machine structure to be measured is stored in advance in a video storage device 23. A user 5 selects the dimension of a machine, to be measured, through a manual input device 11. A preferable viewpoint is decided by an image creation device so as to be sent to the video storage device. A guidance video overlay device 19 receives an instruction regarding a dimension, to be measured, from the manual input device, it provides the graphic overlay of a preferable tool to be used, and it

displays the installation position and the usage method of the tool on a machine image from the image creation device.

(2)

特開2000-136906

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 機械構造の所望ディメンションの測定値を得るための自動可視化及び測定システムであって、

a) ある特定の視点から見た上記構造の画像が作成されるように上記構造のグラフィック表示を提供することが可能な、上記構造のグラフィック表示が予め記憶されたビデオ記憶装置、

b) 測定すべきディメンション及び実施すべきテストを規定するユーザー付与情報をシステムに提供するための手動入力装置、

c) ユーザー入力を受け取って測定すべきディメンションについての視点を規定するとともにその視点に実質的に対応したグラフィック表示をビデオ記憶装置から抽出する動作のための、ビデオ記憶装置及び手動入力装置と結合した画像作成装置、

d) 各ディメンション測定のための好ましいツール及びツールの好ましい位置と使用法のグラフィックオーバーレイを提供する動作をする、手動入力装置と結合した指導ビデオオーバーレイ装置、

e) 上記機械のグラフィック表示を指導オーバーレイ装置からのオーバーレイと合成するための、画像作成装置及び指導ビデオオーバーレイ装置と結合したビデオマージ装置、

f) 合成ビデオをユーザーに表示するための、ビデオマージ装置と結合した表示装置、

g) 自動読取値を提供することが可能な、ツールインターフェースを有する測定ツール、

h) 提供された測定値を記憶することが可能な測定値記憶装置、

i) 測定ツールからの測定値を測定値記憶装置に記憶するための、測定ツール及び測定値記憶装置と結合した制御装置であって、測定値を互いに又は他の記憶測定値と比較し解析する動作をするとともに、解析に係るグラフィック表示をビデオマージ装置に提供して該グラフィック表示が表示装置上で見られるようにする動作をする制御装置を含んでなる自動可視化及び測定システム。

【請求項2】 ビデオアーカイブ装置で様々な時期のビデオデータを比較して「時間推移」ムービーを提供するとともに傾向を解析することができるように、画像作成装置と結合しかつ履歴ビデオデータが予め記憶されているビデオアーカイブをさらに含んでなる、請求項1記載の自動可視化及び測定システム。

【請求項3】 a) 指導ビデオオーバーレイ装置からの指導ビデオと同期したオーディオ指導信号を提供するための、指導ビデオオーバーレイ装置と結合したオーディオ指導装置、及び

b) オーディオ指導信号から可聴音を発生させるための、オーディオ指導装置と結合したオーディオドライバをさらに含んでなる、請求項1記載の自動可視化及び測定システム。

【請求項4】 制御装置で様々な時期の測定データを比較して傾向を解析することができるように、制御装置と結合しかつ履歴測定データが予め記憶されている測定値アーカイブ装置をさらに含んでなる、請求項1記載の自動可視化及び測定システム。

【請求項5】 制御装置で最新の注釈を記憶するとともに履歴注釈を検索及び表示することができるように、制御装置と結合しかつ履歴注釈が予め記憶されている注釈記憶装置をさらに含んでなる、請求項1記載の自動可視化及び測定システム。

【請求項6】 a) 上記ビデオ記憶装置に3Dコンピュターグラフィックモデルが予め記憶されており、かつb) 上記画像作成装置が所与の視点から見た3Dモデルの2D画像を与える3Dグラフィック描写装置である、請求項1記載の自動可視化及び測定システム。

【請求項7】 a) 上記ビデオ記憶装置に、各々異なる視点で得られかつ異なるディメンション測定に対応する複数の2D画像が予め記憶されており、かつ

b) 上記画像作成装置が、既に記憶されている複数の2D画像から所与の視点に最もマッチする2D画像を選び出す画像作成装置15である、請求項1記載の自動可視化及び測定システム。

【請求項8】 a) ユーザ付与入力から測定すべきディメンションを決定する段階、

b) 測定すべきディメンションに対応した測定すべき機械のグラフィック表示をルックアップする段階、

c) 指定ディメンションを測定するため使用すべき適切なツールを指示するビデオオーバーレイを作成する段階、

d) 指定ディメンションを測定するため適切な位置にある適切なツールのグラフィック表示を提供する段階、及び

e) インターフェース作動時にインターフェースを有するユーザー誘導ツールから測定値を自動的に取得する段階を含んでなる、ユーザーを指導するとともに測定装置から機械の自動入力を得るための方法。

【請求項9】 使用すべき適切なツール及び様々な測定のためのツールの操作についてのオーディオ指導を提供する段階をさらに含んでなる、請求項8記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、大形産業機械構造用の特異な交換部品の計測及び設計に関する。

【0002】

【従来の技術】蒸気タービン、発電機、機関車、大形船舶、精油所、製鉄所、スタンブミル、工場機械のような大形高精度産業機械、その他屋内で計測すべく作業所に持ち込むのが不可能もしくは非現実的であるような大形機械のための交換部品を製造することが往々にして必要とされる。典型的には、大形ケーシング構造は再利用さ

(3)

特開2000-136906

3

れ、内部の静止部品及び回転部品が交換される。これらの交換部品を製造するには、ケーシングの多数の内部ディメンションを測定する必要がある。

【0003】高精度の測定を現場（オンサイト）で行うには、

1) どのツールを使用するのが適切であるか保守作業員が分からない、

2) 測定すべきディメンション及び/又はクリアランスの正確な位置を保守作業員が分からない、

3) 如何に適切にツールに配置すべきか保守作業員が分からない、

4) 測定数値を保守作業員が不正確に読んでしまう、並びに

5) データベース又はコンピューターシステムへの入力の際に保守作業員が測定値を打ち間違えてしまうなど幾つかの問題がある。

【0004】測定作業は運転停止又は保守期間中に行われることが多く、その間タービンは運転を止め分解される。機械の待ち主は停止中は何の収益も生じないので運転停止期間の長さを最小限にしたいと願う。そこで、ある施設で、アクセスが許されるのは平均3〜4日間である。また、このアクセス期間中、ケースの測定担当者はその他大勢の作業員と利用時間を分け合わなければならない、こうした限られた「時間枠」のため訪問中に集めることのできるデータの量に厳しい制限が加わる。

【0005】現場訪問中に厳密に何を測定すべきかについて詳細な計画を立てるのにも相当の時間がかかる。装置の内部設計は前もって分からないことが多いので、事前に計画を立てておくのは難しい。Nelson Corby, Christopher Nafis, Boris Yamronの「画像及び位置測定装置を用いたポータブル測定システム(A Portable Measurement System Using Image and Point Measurement Devices)」と題する1997年7月7日出願の特許査定の下った米国特許出願第08/888795号(出願人整理番号RD25543)には、如何にして産業構造物の正確な測定値を得るかが記載されているが、何が測定すべき重要なクリアランスであるか、それらが正確にどこにあるのか、それらをどのようにして測定するかについてはユーザーに何の指針も与えない。

【0006】大形機械の分解、サービス及び再組立の過程において、機械内部の多数のディメンションを測定し記録することが必要とされる。重要な測定はクリアランス測定値、すなわち回転部品と静止部品の間のギャップである。このような測定すべきクリアランスは何百とあり、測定位置は機械構造のいたるところにある特定の重要な場所(設計技術者によって規定される)にある。これらの測定を行うための特定の手順についても工学的に規定される。

【0007】多くの場合、交換すべき部品はサービス会

4

社にとって新たな設計又は変更された設計となる。そこで、今日では熟練した設計技術者が現場に同行して測定プロセスを手引きすることが必要とされている。かかる技術者の人数が少ない場合、そうした人員を即座に配属して送り出すことが難しいこともある。問題をさらに複雑にしているのは普通は部品設計者と現場を訪れて測定を行う者とが同一人物でないことである。設計スタッフに後々のオフサイトでの所要ディメンションの測定方法を提供することも望まれる。

【0008】測定者は技術者ではないのが普通であり、測定位置の確認と所与のクリアランスの測定方法の特定について指導する現場監督者のガイダンスと助けを必要とする。こうした情報を劣悪な或いは見分けのつきにくい写真から提供するのには監督者にも往々にして困難である。測定を行う者と、施設の待ち主又は装置の製造業者から提供された紙シートにデータを記録する者との二人組のチームを使うのが一般的な慣行である。長い作業時間、発電プラントの高騒音環境並びに当分の悪さによって測定値の伝達及び記録作業に誤りが生じることがある。

【0009】高い精度で様々な寸法を測定するには様々なツールが必要とされる。こうしたツールは小さな寸法のものについては精度が高いこともあるが、大きな寸法では精度が失われる。標準的な測定ツールはテープゲージ、マイクロメーター、キャリパ、スケール、滑り平行ブロック、その他各種の金属板又はシートからなる。手近な測定ツールの範囲を「延長する」ために、機械直角度定規、ゲージブロック、研削平ワーキング板などの補助装置を使うことが往々にして必要とされる。これは普通は測定者の創造性に委ねられる。最近、ツールの読取作業及び測定値の保存作業の速度と精度を高めるため、ラップトップコンピューター又は電子データログ装置に接続した電子符号器(測定値読取用)を備えた新たなツールが使われるようになってきた。

【0010】すべてのクリアランス測定を行った後、監督者は実測値と予想値を比較する。こうした予測値は通例製造業者の仕様シート又は保全すべき機械の履歴記録から得られる。監督者は偏差を計算してそれらをシートに記入する。得られた一組の音気には、機械について最新のディメンションデータの集合と「予想値」又は予測値との偏差が含まれる。監督者はそこで機械の「正確さ」又は状態についての判断を下さなければならない。データが正確なディメンションを示していれば、最終的な組立(又は分解)を進めることができる。表のデータから正しいアライメント及び配向を確認するのは監督者にとっても難しいことが多々ある。

【0011】サービス期間後、装置は再組立されて、通例2〜3年後の次の定期運転停止まで運転に復帰する。現場訪問が終了した後、タービン又は発電機サービス会社は初期部品設計図、価格の見積もりを準備し、

(4)

特開2000-136906

5

（入札に成功したら）次の12～24ヶ月までに交換部品の製造の指針となる詳細な製造図面を作らなければならない。次の普通18～24ヶ月後のタービンオーバーホール期間中に、サービス会社は現場に戻って新しい交換部品を取り付ける。納入した部品に不正箇所とかがあれば、設計を修正するためコストのかさむ現場での機械加工が必要となる。現場での再加工は非常に難しく、時間がかかり、費用がかさむことになる。再加工のためにタービンの運転復帰が遅れたら、サービス会社がコストペナルティを負うこともある。

【0012】そこで、保守プロセスを自動化すべく、グラフィックインターフェースを通してどのディメンションを測定すべきかユーザーに指示し、これらの測定値の取得及び記憶を自動化し、かつそれらに対応する工学仕様及び履歴データと比較するシステムを開発することが望ましい。どんなタイプのツールを使用すべきか、ツールをどのように操作すべきか、ディメンションの測定を行って取得した測定値を自動的に記憶するためのツールを適用すべき正確な位置についてユーザーに正確な指示を与えるシステムに対するニーズが現に存在する。

【0013】

【発明の概要】自動可視化及び測定システムは機械構造のディメンションの測定値を得る。ビデオ記憶装置には上記構造のグラフィック表示が予め記憶されている。これらは一連の2Dイメージ又は3Dコンピュータモデルでよい。ユーザーは手動入力装置を通して測定すべきディメンションと実施すべきテストを選択する。

【0014】画像作成装置は手動入力装置からユーザー入力を受け取って、現在実施すべき測定に対応した視点を決める。画像作成装置は次いでビデオ記憶装置と相互作用してグラフィック表示を抽出し、その視点に対応した画像を作成する。指導ビデオオーバーレイ装置も手動入力装置から情報を受け取って、各ディメンション測定のための好ましいツールのグラフィックオーバーレイを提供する。指導ビデオオーバーレイ装置はツールの好ましい位置と使用法のイラスト及び／又はビデオクリップも提供する。

【0015】ビデオマージ装置は、画像作成装置からの画像と指導ビデオオーバーレイ装置からのオーバーレイをマージしてビデオ信号とし、これを合成ビデオをユーザーに表示するための表示装置に送る。自動読取値の提供可能な自動測定ツールがこのシステムに結合している。この測定ツールはツールインターフェースによって作動される。ユーザーがツールインターフェースを作動すると、測定読取値が制御装置に電気的に送信される。

【0016】制御装置は読取値を測定値記憶装置に記憶する。よって、制御装置は書き写しの際の人為的エラーを低減する。制御装置は、また、経時的な傾向及び変化を求めるため測定値を他の記憶測定値と比較して解析する。制御装置は、その解析に係るグラフィック表示をビ

6

デオマージ装置に提供して、グラフィック表示が表示装置上で見られるようにしてもよい。

【0017】別の代替の実施形態では、画像作成装置で、過去のビデオアーカイブを現在のビデオと比較してもよい。また、注釈記憶装置に記憶された、テキスト、音声、録音、スチール写真又はビデオクリップ等の注釈を記憶して、後でユーザーに対して再生してもよい。

【0018】

【発明の実施の形態】本発明の新規な特徴については特許請求の範囲に記載されているが、以下の詳細な説明を図面と併せて参照することで、本発明の構成及び内容がその他の目的及び特徴とともにより深く理解され、認識されるものと思料する。本発明は、大形高精度機械の保守に必要とされる幾つかの機能を遂行する。第一の機能の一つは、測定すべき傾向もしくはディメンションの実際の位置をビジュアルインターフェースを介して示すことである。

【0019】本発明は、また、個々の特定のディメンション測定に対して使用すべきツールを示唆するとともに、ユーザーがツールを容易に確認できるようにツールのグラフィック表示を提供する。本発明のもう一つの機能は、ツールの設置及びツールを如何に操作すべきかについての動画その他のグラフィック表示を提供することである。

【0020】本発明のもう一つの機能は、以前の測定値と比較して記憶するための中央処理装置に直接ツールで得られた測定値を自動的に読出すことである。図1は、ラップトップコンピュータ3の組み込まれた本発明の実施形態を如何にして図1に示すタービンのような大形高精度機械1その他の機械構造に取り付けるかを示したものである。機械1は研究所又は主要測定施設に簡単には移動することができず、技術者もしくはユーザーが単に現場を訪れてラップトップコンピュータ及びツール5を機械1に取り付ける。

【0021】図2において、ユーザー5（通例現場を訪れた現場技術者である）はどんなタイプの測定を実施すべきか手動入力装置11を介して対話する。ユーザーの位置を追跡装置13で決定することもでき、該装置13はユーザー5の位置を追跡するとともにその位置を画像作成装置15に提供する。視点等の手動入力も画像作成装置15に送られる。その他の情報、例えば実施すべき測定及びテストは手動入力装置11から制御装置17に入力される。

【0022】制御装置17は保守プロセスの予め定義された段階を決定して、それを指導ビデオオーバーレイ装置19及び任意構成要素のオーディオ指導装置21に示す。ある実施形態では、保守作業を行うべき実際の機械1又は類似の機械の複数の所定の視点から見た複数の二次元画像がビデオ記憶装置に予め記憶されている。これらの視点は、典型的には、所定のディメンションの測定

(5)

特開2000-136906

7

を行うためにユーザーが取るであろう位置の範囲内にある。その各々がユーザー5の位置に調和しているとともに測定すべきディメンションと結びついている。

【0023】もう一つの実施形態では、ビデオ記憶装置23は機械1の3D CAD/CAMモデル又は同様の三次元モデルを有しており、ある視点が与えられるとそれに対応した上記モデルの光景が表示されるようになっている。したがって、画像作成装置15に測定すべきディメンション及び/又はユーザー5の視点のいずれかが提供されると、ビデオ記憶装置23から適切な画像が画像作成装置15に提供される。これらの2D又は3Dモデルはビデオマージ装置27に提供され、ビデオマージ装置27は指導ビデオオーバーレイ装置19から送られたビデオをマージする。指導ビデオオーバーレイ装置19は動画及び/又は矢印やマーカー等のグラフィックを複数有しており、それらで測定すべきディメンションを画像上で強調する。こうした動画及び/又はグラフィックはビデオ記憶装置23から送られる、動画及び/又はオーバーレイはオーディオ指導装置21から送られるオーディオ指導と同期させてもよく、オーディオ指導はオーディオドライバ29を介して再生される。

【0024】予定の保守プロセスの各々の段階について、本システムは測定領域がオーバーレイで強調された二次元図面又は画像のいずれかを提供する。そのさらに複雑な形態では、ビデオ動画はオーディオ指導と同期していてもよく、望ましい保守プロセスを通してユーザー5を案内する。指導ビデオオーバーレイ装置19は、所定ディメンションを測定する適切な位置におかれた適切なツールのショートクリップを再生し得る。

【0025】指導ビデオオーバーレイ27はその出力を表示装置31に送り、表示装置31がユーザー5にビデオを表示する。表示装置31は一般的なCRT表示モニターでもよいし、さらに好ましくはLCDディスプレイのような小型ポータブル表示装置でもよい。次にユーザー5は表示装置31に表示された通りに適切なツール33を選択してそれを配置し、ツールインターフェース35を動作させてツールが測定値を制御装置17に送るようにする。制御装置17は測定値記憶装置37と相互作用して測定値を直接記憶し、かくして数値の書き写しの際の人為的エラーがなくなる。

【0026】別の代替的な実施形態では、測定値アーカイブ装置39に、過去の保守作業で得られたディメンションの各々についての測定値が予め記憶されている。制御装置17は測定値アーカイブ39の測定値と現在の測定記録装置37からの測定値を比較して結果をビデオマージ装置27に送る。偏差のグラフィック表示が表示装置31上に表示される。

【0027】測定値アーカイブ39は新しい機械1についての原仕様測定値を有していてもよい。各セットの測定値はそれを取付した日付によって同定される。これら

8

は測定値記憶装置37に記憶した実測値又は測定値アーカイブ装置39に記憶した以前の測定値と比較してもよいし、或いは経時的に増大する傾向を示すためそれらすべての組合せを比較してもよい。仕様からの実際の偏差を求めることが容易であるだけでなく、各々の測定値の変化の速度を求めることも容易である。これは将来における所定の部品の故障を判断するための指摘及び予測に用いることができる。

【0028】ビデオ記憶装置23、ビデオアーカイブ25、測定値アーカイブ39、測定値記憶装置37、注釈記憶装置37、及び指導ビデオオーバーレイ19の記憶部など、すべてのメモリー及びデータ記憶デバイスは別個独立の素子であってもよいし、或いは共通の大形データ記憶デバイスの別々の部分であってもよい。さらにもう一つの実施形態では、注釈記憶装置41が制御装置17に結合している。文書形式の音声は手動入力装置によって制御装置17に入力され、注釈記憶装置41に記憶される。これらは、ある種の亀裂が問題となる可能性があるとか次回の保守点検の際に注視する可能性があるとかの警告であってもよい。これは、次回にその現場を訪れる保守作業員に対する情報として、測定すべきその構造に特有の危害に加えてもよい。

【0029】注釈は、音声及び機械構造が正常に機能しているとき又は正常には機能していないときの音の録音であってもよいし、スチール写真であっても、ビデオクリップでも、或いはこれらすべての組合せであってもよい。図3に、接触型測定プローブを示す。これは図2の測定ツール33の代わりに使用される。表面7と表面9の間のギャップが測定しようとするものである。接触型測定プローブ40を表面7と表面9の間に挿入し、長柄ワンドでそのギャップの中に伸ばす。操作ボタン35は真のインターフェースとして作動し、ねじ付ロッド45を回転させるモータ/符号器43を動かす。ねじ付ロッド45はフィーラ47及び49を外側に広げ、表面7及び9に接触するとこれらの表面間の間隔を示す。符号器は、フィーラ47と49の間の実際の距離を正確に求めるためのねじ付ロッド45の回転の数及びピッチが求められるように予め校正されている。

【0030】図4には、図3に示したのと同様の長柄ワンド41及び操作ボタン35を有する非接触型測定プローブ50を示した。これは、表面7に反射してレンズ53を通過して光検出器51に入るレーザーダイオード55と共に動作する。次いで、表面7と9の間隔を求めるため、典型的なレーザー測距技術が用いられる。本発明は上述の問題を解決することを課題としたものである。本発明は、一体式の小型でポータブルなコンピューターベースのシステムであって、(グラフィックスクリーン上の写真、線図、図面及びオンスクリーンテキストを通して)特定の場所及び測定方法の確認作業を測定者に手引きし、測定ツールを電子的に読取ってその読取値

(6)

特開2000-136906

9

を転送及び記憶して、現在の読取値、理想読取値及び過去の読取値の数的及び／又はグラフィック比較を提供するシステムに関する。加えて、本システムは現訪問時の測定データと共に（保全すべき機械の選ばれた部分のデジタル画像又はテキスト型式の検査レポートなどの）補助的情報を取得し記憶する能力を与える。

【0031】本システムは一人で操作可能であり（経費の削減につながる）、監督者のガイダンスが少なくても測定者が作業を進めることができ、高い精度が保証される（適切な手順を用いて適切なポイントが測定されることが担保されることによる）とともに、グラフィック表示を通して測定データ自体及び参照データとの比較が一段と完璧に可視化される。様々なタイプの測定「プローブ」を取り付けることができ、迅速かつ正確に特定の特徴の測定に用いることができる。

【0032】プローブは多数の形態を取り得る。この装置には、臨時的に読取可能なマイクロメーター及びノギス並びにStarrett Co.（米国01331マサチューセッツ州アソール、クレセント・ストリート121番、電話番号（508）249-3551）発行の“Starrett Catalog”, No. 29, April 1996に記載されているような「テーパーゲージ」がある。さらに柔軟な装置は、ディメ*

10

*ンション特徴を測定するための接触（メカニカル）法又は非接触（オプティカル）法のいずれかを用いる先端部の付いた直径1/4インチ、長さ2〜3フィートの「ワンド型」プローブであろう。図面は両者の多数の実施形態を示す。鍵となる特徴は広い範囲のギャップ幅（0.25〜8インチ）が測定できてしかも測定者がタービンホイール間の狭くて（6〜8インチ）深い（2〜3フィート）ギャップ又はその他発電機の到達困難な場所にその身体又は腕を折り曲げなくても簡便に設置することのできるプローブを提供することである。

【0033】本発明の特定の実施形態を例示し説明してきたが、修正及び変更を加えることは当業者がなし得ることである。よって、特許請求の範囲はそうしたあらゆる修正及び変更を本発明の真の技術的思想及び範囲に属するものとして包含するものと解される。

【図面の簡単な説明】

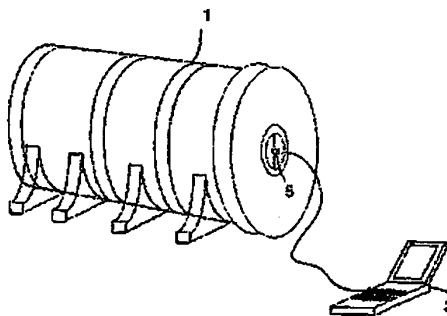
【図1】 本発明を大形タービンで実施するときの本発明の実施形態を示す。

【図2】 本発明のもう一つの実施形態のブロック図である。

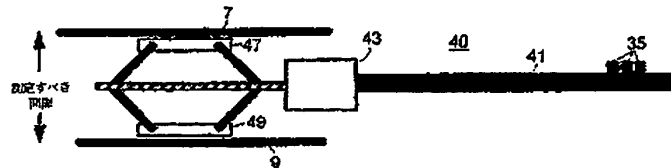
【図3】 接触型測定プローブの実施形態を示す。

【図4】 非接触型測定プローブの実施形態を示す。

【図1】



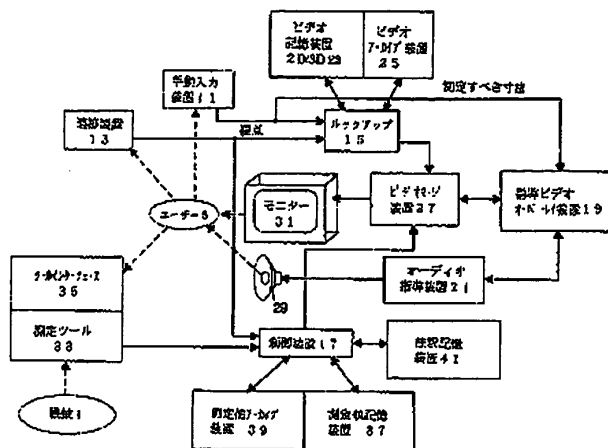
【図3】



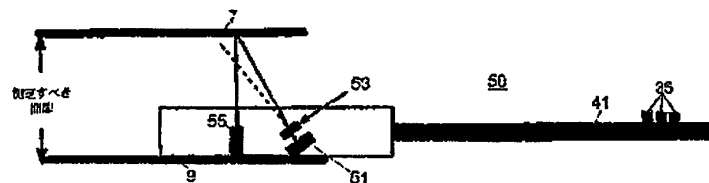
(7)

特開2000-136906

【圖2】



【圖4】



(8)

特開 2000-136906

【外国語明細書】

1. Title of Invention

Automated Measurements And Visualization System

2. Claims

1. An automatic visualization and measurement system for obtaining measurements of desired dimensions of a machine structure comprising:
 - a) a video storage device having a pre-stored graphical representation of said structure, capable of providing graphical representation of said structure such that an image of said structure viewed from a specific viewpoint may be created;
 - b) a manual input device, for providing user-supplied information defining dimensions to be measured, and tests to be performed to the system;
 - c) image creation device coupled to the video storage device and manual input device for operating to receive user input and define a viewpoint for the dimension being measured and extract a graphic representation from a video storage device substantially corresponding to this viewpoint;
 - d) a video instruction overlay coupled to manual input device operating to provide graphic overlays of the preferred tool for each dimension measurement, and the preferred positioning of and use of the tool;
 - e) a video merge device coupled to the image creation device and instructional video overlay device, for combining graphical representations of said machine with overlays from instructional overlay device;
 - f) a display device coupled to video merge device, for displaying the combined video to a user;
 - g) a measurement tool having a tool interface, capable of providing automated readings;
 - h) a measurement storage capable of storing measurements provided to it;
 - i) a control device coupled to measurement tool to measure storage for storing measurements from measurement tool in measurement storage operating to compare and analyze measurements against each other or against other stored measurements, and operating

(9)

特開2000-136906

to provide a graphical display of analysis to video merge device causing the graphical display to be viewed on display device.

2. The automatic visualization and measurement system of claim 1 further comprising:
video archive coupled to image creation device having pre-stored historical video data, allowing video archive device to compare video data over different time periods to provide "time lapse" movies, and analyze trends.
3. The automatic visualization and measurement system of claim 1 further comprising
 - a) audio instruction device coupled to the instructional video overlay, for providing audio instruction signal synchronized with instructional video from instructional video overlay device; and
 - b) an audio driver coupled to audio instruction device, for creating audible sounds from the audio instruction signal.
4. The automatic visualization and measurement system of claim 1 further comprising:
a measurement archive device coupled to control device having pre-stored historical measurement data, allowing control device to compare measurement data over different time periods to analyze trends.
5. The automatic visualization and measurement system of claim 1 further comprising:
an annotation storage device coupled to control device having pre-stored historical annotation, allowing control device to store current annotations, and retrieve and display historic annotations.
6. The automatic visualization and measurement system of claim 1 wherein:
 - a) the video storage device has a pre-stored 3D computer graphic model; and

(10)

特開2000-136906

- b) the image creation device is a 3D graphic rendering device which provides a 2D image of the 3D model as viewed from the provided viewpoint.
7. The automatic visualization and measurement system of claim 1 wherein:
- a) the video storage device has a plurality of pre-stored 2D images each acquired at a different viewpoint, and each corresponding to a different dimension measurement; and
 - b) the image creation device is a image creation device 15 which selects a 2D image from the plurality of 2D pre-stored images which most closely matches the provided viewpoint.
8. A method for instructing a user and obtaining automated input of a machine from a measurement device comprising the steps of:
- a) determining a dimension to be measured from user-supplied input;
 - b) looking up a graphical representation of the machine to be measured corresponding to the dimension to be measured;
 - c) creating a video overlay indicating the proper tool to be used for measuring the specified dimension;
 - d) providing the graphical representation of the proper tool in proper position to measure the specified measurement; and
 - e) automatically acquiring measurements from a user-guided tool, having an interface, when the interface is activated.
9. The method of claim 8 further comprising the steps, of:
- providing audio explanation of the proper tool to use and operation of the tool for different measurements.

(11)

特開2000-136906

3. Detailed Description of Invention

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

The present invention related to measurement and design of unique replacement parts for large industrial machine structures.

2. Discussion of Prior Art

It is often necessary to manufacture replacement parts for large, high precision industrial machines such as steam turbines, generators, locomotives, large ships, oil refineries, iron mills, stamping mills, factory tools and other types of large scale machinery which is either impossible or impractical to bring into a shop for in-house measurements. Typically, a large casing structure is to be reused and the internal stationary and rotating parts are to be replaced. In order to manufacture these replacement parts, it is necessary to measure a large number of interior dimensions of the casing.

Several problems exist in making high accuracy measurements on site:

- 1) the maintenance person do not know which is the proper tool to use;
- 2) the maintenance person does not know the exact location of dimensions, and/or clearances to measurement;

(12)

特開2000-136906

- 3) the maintenance person does not know how to properly position the too;
- 4) the maintenance person inaccurately reads the measurement number; and
- 5) the maintenance person makes errors in transcribing the measurements during input to a data base or computer system.

The measurement activities often occur during a shut down, or maintenance period, during which the turbine is out of service and disassembled. The owner of the machinery wishes to minimize the length of the shutdown period, since no revenue is produced during the outage. Thus, for a utility, access is allowed for a period of 3-4 days on average. Also, during this access period, personnel measuring the case must share access with many other workers. The restricted 'time window' places severe restrictions on the amount of data that can be gathered during the visit.

Much time also goes into preparing a detailed plan of exactly what to measure during the on-site visit. The pre-planning is difficult, since often the interior design of the unit is not known in advance.

Ser. No. 08/888,795 filed 7/7/97 Allowed, RD-25543 "A Portable Measurement System Using Image and Point Measurement Devices " by Nelson Corby, Christopher Nafis, Boris Yamrom described how to obtain precise measurements of industrial structures, but did not guide the user as to what are the critical clearances to measure, precisely where they were, and how to measure them.

In the course of disassembling, servicing and reassembling large machines, it is necessary to measure and record many dimensions within the machines. An important type of measurement are clearance measurements - i.e. the gaps between rotating and stationary parts. There are hundreds of such clearances to measure and the measurement locations are located all over the machine structure at specific critical places (defined by design engineers).

(13)

特開2000-136906

Engineering will also define specific procedures for making these measurements.

In many cases, the parts being replaced represent a new or amended design for the service company. Thus, it is currently necessary for a skilled design engineer to accompany the group to the site and to guide the measurement process. Given the small number of such engineers, it can be difficult to locate and send such a person on short notice.

A further complication is that usually the part designers are not the same people who visited the site and performed the measurements. It would also be desirable to provide the design staff with a method to measure needed dimensions during a later time off-site.

The measurement person is usually not an engineer and will require guidance and help from an onsite supervisor to guide him in locating the measurement locations and in specifying the method of measuring a given clearance. It is often difficult for the supervisor to provide this information from poor quality or confusing paper blueprints.

The usual practice is to employ two man teams - one to make measurements and second to record the data on paper sheets provided by the utility owner or equipment manufacturer. There can be errors in communicating and recording the measurements caused by long working hours, the high noise environment of the power plant and poor penmanship.

Different tools are required to measure different measurements with a high degree of accuracy. Sometimes these tools may be highly accurate for a small measurement, however the accuracy is lost with a larger measurement is made.

Standard measurement tools consist of taper gages, micrometers, calipers, scales, sliding parallel blocks and various

(14)

特開2000-136906

plates or sheets of metal. It is often necessary to use auxiliary apparatus such as machinist's squares, gage blocks, ground flat tooling plates etc. to "extend" the range of the measurement tools at hand. This is usually left up to the creativity of the measurement person. Lately, new tools with electronic encoders (to read the measured value) with connection to laptop computers or electronic data logging system have been used to increase the speed and accuracy of reading the tool and storing the measurement.

After all the clearance measurements are made, the supervisor will compare the actual measurements with the expected measurements. These expected values typically come from manufacturers specification sheets or from historical records of the specific machine being serviced. He will compute deviations and enter them on the sheets. The resultant set of papers contains the current set of dimensional data for the machine and the deviations from "ideal" or expected. The supervisor then has to form an opinion as to the "correctness" or state of the machine. If the data indicates correct dimensions, then the final assembly (or dis-assembly) can proceed. It is often difficult for the supervisor to ascertain correct alignments and orientations from the tabular data.

After the service period, the unit is re-assembled and returned to service until the next scheduled shutdown, typically 2-3 years later.

After the on-site visit has concluded, the turbine or generator service company must prepare initial part designs, a price quotation and (if successful in bidding) then prepare detailed manufacturing drawings to guide the manufacture of the replacement parts over the next 12-24 months. At the next opportunity usually 18-24 months later during the next turbine overhaul, the service company returns and installs the new replacement parts. If the parts are incorrect at delivery, then costly on-site machining may be necessary to correct the design. Re-machining on-site may become also very difficult, time consuming and expensive. If re-machining delays the return of the turbine to service, then the service company may incur cost penalties.

(15)

特開2000-136906

Thus, it would be desirable to develop a system that would instruct a user which dimensions to measure through a graphical interface, automate the acquisition and storage of these measurements, and compare these to corresponding engineering specifications and historical data to automate the maintenance process.

Currently, there is the need for a system which accurately instructs a user on what type of tool to use, how to operate the tool, the precise location to apply the tool to make measurements of dimensions and automatically to store the measurements taken.

SUMMARY OF THE INVENTION

An automated visualization and measurement system obtains measurements of dimensions of a machine structure.

A video storage device has pre-stored graphical representation of said structure. These may be a series of 2D images or a 3D computer model. A user selects dimensions to be measured and tests to be performed through a manual input device.

Image creation device receives the user input from manual input device and determines viewpoints corresponding to the current measurement to be performed. It then interacts with the video storage device to extract a graphic representation and create an image corresponding to the viewpoint.

A video instruction overlay device also receives information from the manual input device and provide graphic overlays of the preferred tool for each dimension measurement. It also provides illustrations, and/or video clips of the preferred positioning and use of the tool.

A video merge device merges images from the image creation device and overlays from the instructional video overlay device into a video signal provided to a display device for displaying the combined video to a user.

(15)

特開 2000-136906

An automatic measurement tool capable of providing automated readings, is coupled to the system. It is activated by a tool interface. When the user activates the tool interface, a measurement reading is electronically sent to a control device.

The control device stores the reading on the measurement storage. Control device therefore reduces human transcription error. Control device also can compare and analyze measurements against other stored measurements to determine trends and changes over time.

Control device may also provide a graphical display of its analysis to video merge device causing the graphical display to be viewed on display device.

In an alternative embodiment, historic video archives may be compared to current video by image creation device.

Also, annotation stored in annotation storage, being either text, voice, sound recordings, still pictures, or video clips may be stored and played back to a user at a later time.

(17)

特開2000-136906

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

While the novel features of the invention are set forth with particularity in the appended claims, the invention, both as to organization and content, will be better understood and appreciated, along with other objects and features thereof, from the following detailed description taken in conjunction with the drawings,

The present invention performs several functions required for maintenance of large high precision machinery. One of the first functions is to show through a visual interface the actual location of currents or dimensions to be measured.

The present invention also suggests tools to be used for each of the specific dimensions measurements and also provides a graphical representation of the tool such that the user may readily identify the tool.

Another function of the present invention is to provide in animation or other graphic representation, of placement of the tool, and how the tool is to be operated.

Another function of the present invention is to automatically read the measurement provided by the tool directly into a central processing unit for storage in comparison to previous measurements.

Figure 1 shows how an embodiment of the present invention incorporating a laptop 3 computer may be attached to large high precision machine 1, or machine structure, such as turbine shown in Figure 1. Since machine 1 is not easily moved to a laboratory or a main measurement facility, the engineer, or user, simply visits the site and attaches the lap top computer and tool 5 to machinery 1.

In Figure 2, a user 5, which is typically the field engineer at the site, interacts through a manual input device 11 to identify what types of measurements are to be performed. The position of the user may also be determined by optional tracking device 13, which tracks the location of user 5 and provides that location to a image creation device 15.

Manual input, such as the viewpoint, is also provided to image creation device 15. Other information, such as measurements and

(18)

特開2000-136906

tests to be performed are input to a control device 17 from manual input device 11.

Control device 17 determines predefined steps of the maintenance process which are indicated to a instructional video overlay device 19 and an optional audio instruction device 21. In one embodiment a video storage device 23 has a plurality of prestored two-dimensional images of the actual machine 1 to be maintained, or of a similar machine, from a plurality of predefined viewpoints. These viewpoints are typically within a range in which a user would be positioned to make the measurements of a given dimension. Each one is keyed to a location of user 5 and also is tied in with dimensions to be measured.

In another embodiment, video storage device 23 has a 3D CAD/CAM model, or similar three dimensional model, of machine 1 such that given a viewpoint, a corresponding view of the model may be displayed.

Therefore, when image creation device 15 is provided with either the dimensions to be measured and/or the viewpoint of user 5, appropriate visual images may be provided from video storage device 23 to image creation device 15. These 2D or 3D model images are provided to a video merged device 27 which merges this video which comes from instructional video overlay device 19. Instructional video overlay device 19 has a plurality of animations and/or graphics, such as arrows and markers, which highlight dimensions to be measured on the image. These animations and graphics are provided from video storage device 23. The animations and/or overlays may be synchronized with audio instructions provided by audio instruction device 21 is played through an audio driver 29.

For each step of a predetermined maintenance process, the system provides either, a two dimensional drawing or image with measurement areas highlighted by overlays.

(19)

特開2000-136906

In its more complex form, a video animation may be synchronized with audio instructions walking user 5 through a desired maintenance process.

Instructional video overlay device 19 may play back short clips of a proper tool in its proper position measuring a given dimension.

Video merge device 27 provides its output to a display device 31 which displays video to user 5. Display device 31 may be a standard cathode ray tube display monitor, or more preferably, a compact portable display, such as an LCD display. The user 5 then selects the proper tool 33 and positions it as shown on display device 31 and activates a tool interface 35 to cause the tool to send a measurement to control device 17. Control device 17 interacts with measurement storage device 37 to store the actual measurements directly thereby eliminating human error in transcription of numbers.

In another alternative embodiment, a measurement archive device 39 has previously stored measurements for each of the dimensions from past maintenance sessions. Control device 17 may compare measurements from both measurement archive 39 and current measurement storage device 37 and provide the results to video merge device 27. Graphical representations of deviations is displayed on display device 31.

Measurement archive 39 may also have the original specification measurements for a new machine 1. Each set of measurements is identified by a date when it was acquired. These may also be compared to the actual measurements stored in measurement storage device 37 or previous measurements in measurement archive device 39 or a combination of all of them to show the growing trends over time. Not only are the actual differences from the specification easy to determine, but the rate of change of each of the measurements. This may be used in indicating and projecting it in the future to determine failure of a given part.

(20)

特開2000-136906

All memory and data storage devices, such as video storage 23, video archive 25, measurement archive 39, measurement storage 37, annotation storage 37, and storage portions of instructional video overlay 19 may be separate elements, or alternatively, separate portions of a larger common data storage device.

In still another embodiment, an annotation storage device 41 is coupled to control device 17. Text notes may be entered by manual input device to control device 17 and stored in annotation storage device 41. These may be a warning that a certain crack may be a problem, or watched in the next maintenance visit. It may also put in notes specific to this structure being measured as information to the next service person who may visit the site.

The annotations may also be sound recordings, both verbal, and recording of the sound of the machine structure as it is functioning, or malfunctioning, still photos, video clips, or a combination of all of the above.

In Figure 3, a contact type measurement probe is shown. This would be used in place of measurement tool 33 of Figure 2. A gap between surfaces 7 and 9 is to be measured. A contact type measurement probe 40 is inserted between surfaces 7 and 9 and is extended into this gap by a long handled wand 41. Operator buttons 35 operate as the true interface and run a motor/encoder 43 which turns a threaded rod 45. Threaded rod 45 causes feelers 47 and 49 to extend outward and upon touching surfaces 7 and 9 indicate the gap between these surfaces. The encoder is pre-calibrated to determine the number of revolutions and the pitch of the threaded rod 45 to determine the actual distance with accuracy between feelers 47 and 49.

In Figure 4, a non-contact type measurement probe 50 is shown having a long handled wand 41 and operator buttons 35 as in Figure 3. This operates with a laser diode 55 which reflects off surface 7 and is passed through lens 53 to a photodetector 51. Then typical laser

(21)

特開2000-136906

ranging techniques are used to determine the distance between surfaces 7 and 9.

The proposed invention seeks to solve the problems noted above. It is an integrated, compact, portable, computer-based system that guides the measurement person in identifying the specific place and measurement method (thru display of pictures, diagrams, drawings and onscreen text on a graphical screen), electronically reads the measurement tool and electronically transfers and stores the readings and which provides numerical and/or graphical comparisons between current readings, ideal readings and historical readings. In addition, the system provided the capability to acquire and store auxiliary information (such as digital images of selected portions of the machine being serviced or textual inspection reports) with the measurement data of the current visit.

The system is operable by a single person (saving money), allows the measurer to proceed with less guidance from a supervisor, guarantees higher accuracy (by ensuring that the proper point is measured using the proper procedure), and through graphical display, provides more complete visualization of measured data and comparison with reference data. Measurement "probes" of various types can be attached and used to rapidly and accurately measure specified features.

The probes can take many forms. Current devices include electronically readable micrometers and vernier calipers and instruments "taper gages" as described on pages 123-138 of the "Starrett Catalog", No. 29, April 1998, published by the Starrett Co., 121 Crescent Street, Athol, MA 01331, (508) 249-3551. A more flexible device would be a "wand-type" probe perhaps 1/4 inch in diameter and 2-3 feet long with a tip portion that uses either contacting (mechanical) or non-contacting (optical) methods to measure dimensional features. The drawings indicate a number of embodiments of both. The key feature would be to provide a probe that can measure a wide range of gap widths (say 0.25 to 8 inches) and which

(22)

特開2000-136906

could be placed conveniently by the measurer without having to wedge his body and arms in the narrow (6-8 inch) and deep (2-3 feet) gap between turbine wheels or difficult to reach places of generators.

While specific embodiments of the invention have been illustrated and described herein, it is realized that modifications and changes will occur to those skilled in the art. It is, therefore, to be understood that the appended claims are intended to cover all such modifications and changes as fall within the true spirit and scope of the invention.

4. Brief Description of Drawings

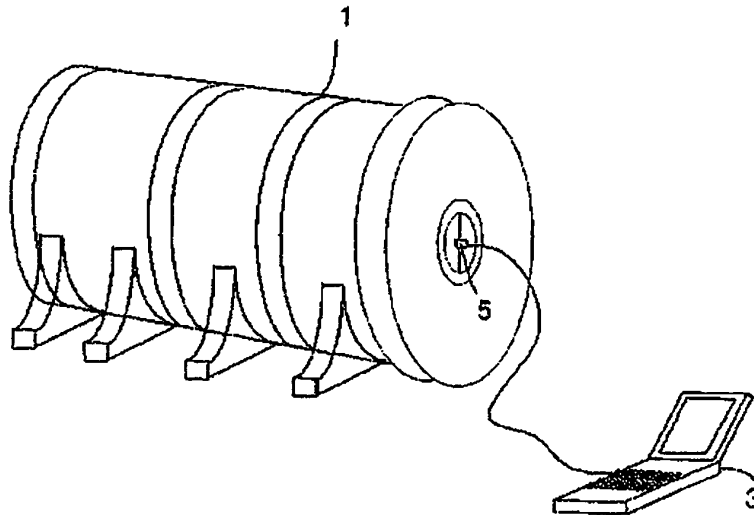
Figure 1 is one embodiment of the present invention as it is being operated on a large turbine;

Figure 2 is a simplified block diagram of another embodiment of the present invention;

Figure 3 shows one embodiment of a contact-type measurement probe; and

Figure 4 shows an example of a non-contact type measurement probe.

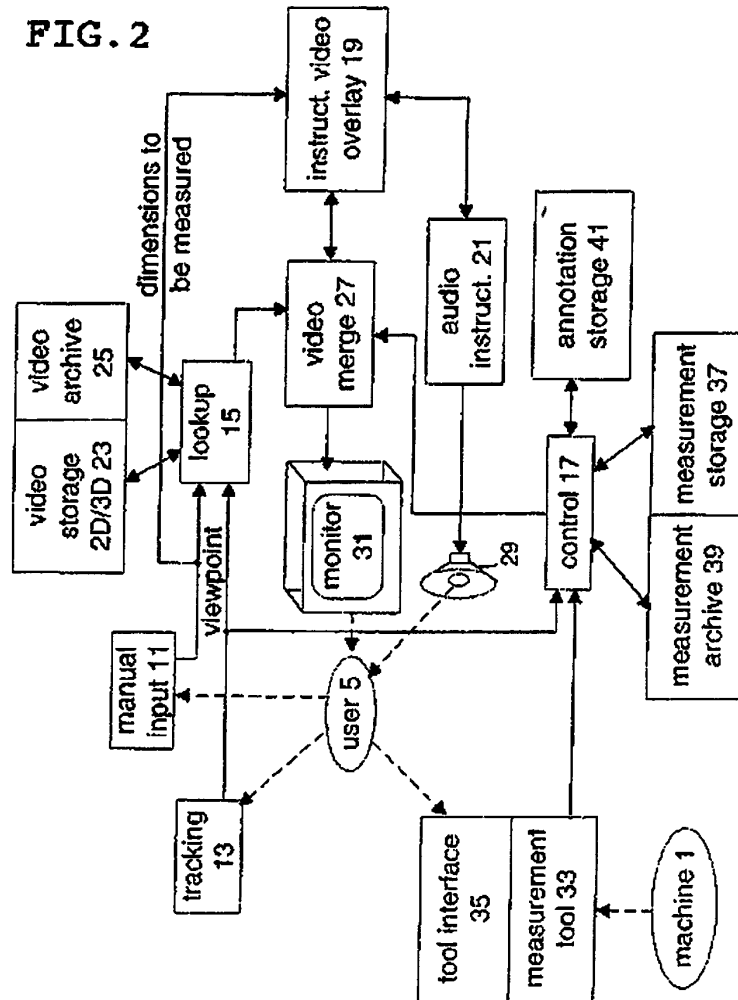
FIG. 1



(23)

特開2000-136906

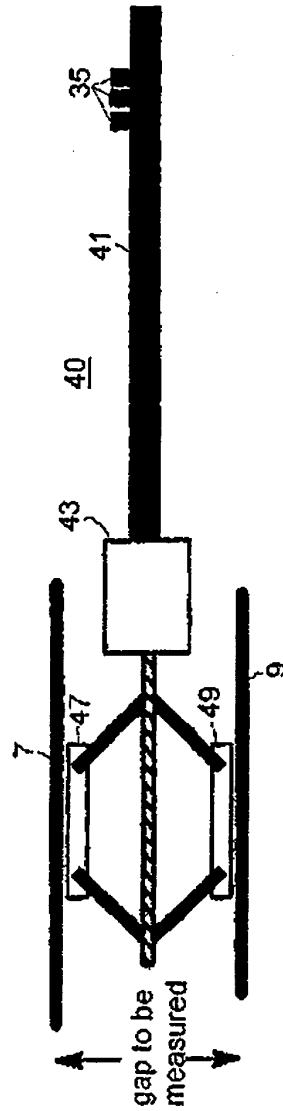
FIG. 2



(24)

特開2000-136906

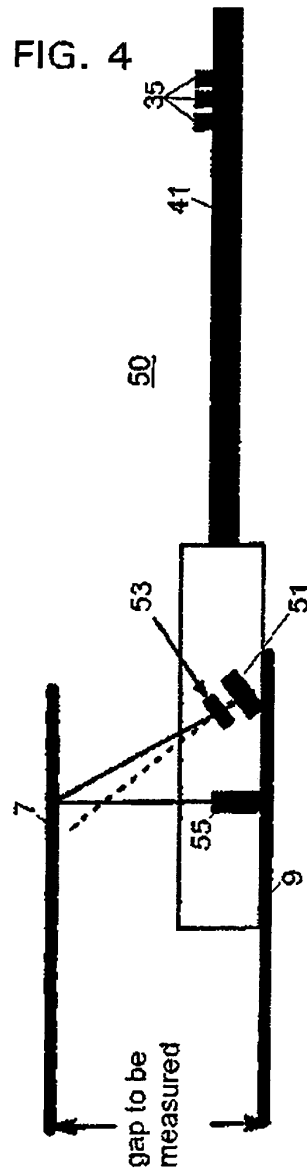
FIG. 3



(25)

特開2000-136906

FIG. 4



(26)

特開2000-136906

1. Abstract

Graphical representations of a machine structure desired to be measured are pre-stored in a video storage device. A user selects dimensions of the machine to be measured through a manual input device. The preferred viewpoints for this measurement are determined by a image creation device. These viewpoints are provided to video storage device to create an image of the machine structure showing the dimension to be measured. An instructional video overlay device receives an indication from the manual input device of the dimension to be measured. It then provides a graphical overlay of a preferred tool to be used and shows its preferred positioning and use on the machine image from image creation device. These are merged by a video merge device and displayed to a user on a display device. The users then selects the tool, positions, and uses it as instructed. When activated by the user, the tool directly provides measurement information to a control device which stores the information, reducing human error. In an alternative embodiment, audio instruction may be added and synchronized with the video instruction.

2. Representative Drawing: **Figure 2**